

09/554599 ST/JP98/05311

25.11.98

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 22 JAN 1999

WIPC

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年 7月17日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第203077号

出 願 人

Applicant(s):

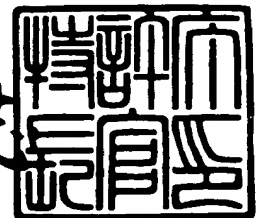
三菱電線工業株式会社

PRIORITY DOCUMENT

1999年 1月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平10-3103889

【書類名】 特許願

【整理番号】 MD980087

【提出日】 平成10年 7月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/00 306  
G02B 6/00 356  
G02B 5/18

【発明の名称】 ファイバグレーティング作製方法及び作製装置

【請求項の数】 7

【発明者】

    【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社  
伊丹製作所内

    【氏名】 今村 一雄

【発明者】

    【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社  
伊丹製作所内

    【氏名】 中井 忠彦

【発明者】

    【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社  
伊丹製作所内

    【氏名】 須藤 恭秀

【特許出願人】

    【識別番号】 000003263

    【氏名又は名称】 三菱電線工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100077931

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100107445

【弁理士】

【氏名又は名称】 小根田 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702019

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ファイバグレーティング作製方法及び作製装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ファイバグレーティング作製対象である光ファイバにおけるグレーティングの書き込み予定部位に対しファイバ軸方向への張力を予め印加することによりファイバ軸方向の引っ張りひずみを生じさせる張力印加工程と、

この張力印加工程により張力が印加された状態の光ファイバに対し紫外線を照射することによりファイバ軸方向に所定のグレーティングピッチのグレーティングを上記光ファイバのコアに書き込む照射工程と、

この照射工程の後に上記張力の印加を解放することにより上記コアに書き込まれたグレーティングのグレーティングピッチを短波長側にシフトする張力解放工程と

を備えている

ことを特徴とするファイバグレーティング作製方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、

光ファイバとして、コア及びクラッドからなる光ファイバ素線に対し紫外線透過型樹脂により被覆層が形成されてなる光ファイバ心線を用いる

ことを特徴とするファイバグレーティング作製方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 において、

張力解放工程の後に、

光ファイバに対し設定張力を印加することによりグレーティング書き込み部位についてのスクリーニング試験を行うスクリーニング工程を行う

ことを特徴とするファイバグレーティング作製方法。

【請求項 4】 ファイバグレーティング作製対象である光ファイバに対し紫外線を照射する紫外線照射系と、上記光ファイバに対しファイバ軸方向に張力を印加する張力印加機構とを備えたファイバグレーティング作製装置を用い、

上記紫外線照射系により上記光ファイバに対し紫外線を照射することによりその光ファイバのコアに対しファイバ軸方向にグレーティングを書き込む照射工程と、

この照射工程の後に、上記張力印加機構により上記光ファイバに対し設定張力を印加することによりグレーティング書き込み部位についてのスクリーニング試験を行うスクリーニング工程とを行う

ことを特徴とするファイバグレーティング作製方法。

【請求項5】 ファイバグレーティング作製対象である光ファイバに対し、ファイバ軸方向に所定のグレーティングピッチのグレーティングが上記光ファイバのコアに書き込まれるように紫外線を照射する紫外線照射系と、

この紫外線照射系により紫外線が照射される部位の光ファイバに対しファイバ軸方向の引っ張りひずみが生じるよう張力を一時的に印加する張力印加機構とを備えている

ことを特徴とするファイバグレーティング作製装置。

【請求項6】 請求項5において、

張力印加機構は、

紫外線照射系により紫外線が照射される部位を挟んでファイバ軸方向に互いに離れた両側位置の光ファイバをそれぞれ固定する一対の固定手段と、

この一対の固定手段の内、少なくとも一方を他方に対しファイバ軸方向に強制的に進退移動させる移動手段と

を備えている

ことを特徴とするファイバグレーティング作製装置。

【請求項7】 請求項6において、

各固定手段は、光ファイバをファイバ軸方向に直交する軸の回りに巻き付けることによりその光ファイバとの間の摩擦抵抗に基づいて上記光ファイバを固定する巻胴であり、かつ、移動手段により移動される側の巻胴がファイバ軸方向の同一位置において上記直交する軸の回りに回転可能に支持され、

上記移動手段は、上記移動される側の巻胴を上記光ファイバが巻き付けられた状態で設定回転量だけ強制回転させるモータにより構成されている

ことを特徴とするファイバグレーティング作製装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバのコアに対し縞状に屈折率に差をつけた回折格子（グレーティング）を書き込み、このグレーティングによってそのグレーティングピッチに対応した波長特性の光を反射もしくは透過させるフィルタ等として用いられるファイバグレーティングの作製装置及び作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

ファイバグレーティングは、光ファイバのコアに対しファイバ軸方向に所定のグレーティングピッチ（周期）で屈折率変調縞が形成されたものである。このような屈折率変調縞により構成されるグレーティングを上記コアに書き込むことによりファイバグレーティングを作製する方法として、従来より、2光束干渉法もしくは位相マスク法等が知られている（例えば特開平6-235808号公報、特開平7-140311号公報、特許第2521708号参照）。このようなファイバグレーティング作製方法においては、ゲルマニウム（Ge）をドープした石英ガラス（コア）に対しコヒーレントな紫外レーザ光を照射することにより該当個所に光誘起屈折率変化を生ぜしめて上記の屈折率変調縞を生成（書き込み）されるようになっている。

【0003】

このようなファイバグレーティングは上記グレーティングピッチに対応した特定波長の光を反射もしくは透過するという波長特性を有している。ここで、上記グレーティングピッチをP、実効屈折率をnとすると、グレーティングにより反射される特定波長 $\lambda_B$ は次式により表される。

【0004】

$$\lambda_B = 2 \cdot n \cdot P$$

つまり、上記特定波長 $\lambda_B$ はグレーティングピッチPと比例関係にある。そして、上記の波長特性を制御することによりフィルタ、分波器、分散補償器、ファイバレーザミラー、EDF利得等価器、共振器もしくは温度センサ等の用途への

応用が考えられている。従って、このような各種用途への応用に際し、ファイバグレーティングの有する波長特性を用途に応じて適切なものに設定するという制御が重要になる。

#### 【0005】

上記の波長特性の制御法として、上記の位相マスク法においては位相マスクの位相格子の間隔（マスクピッチ）に対応してグレーティングピッチが定まることから、必要となる波長特性に対応した位相マスクを用意しその位相マスクを介して光ファイバに紫外線を照射することにより、ファイバグレーティングの波長特性を所要のものに制御するようにしている。

#### 【0006】

また、ファイバグレーティングの波長特性の制御方法として、紫外線の照射によるグレーティングの書き込み後に、そのグレーティングが書き込まれたファイバグレーティングに対しファイバ軸方向に張力を印加させて引っ張りひずみが残留したままの状態にすることにより、書き込み時のグレーティングピッチを長波長側にシフトさせる方法が知られている（宇野弘幸他，“引っ張りひずみによるファイバグレーティングのブラッグ波長変化”，1998年電子通信情報学会総合全国大会，C-3-123，289頁，1998年3月参照）。つまり、グレーティングピッチの長波長側シフトによって、そのグレーティングにより反射される波長（反射ピーク波長）がより長波長側にシフトさせることが可能になる。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記のグレーティング書き込み後の張力印加の場合には、引っ張り側のひずみを与えるものであるため、波長特性の制御として書き込み時のグレーティングピッチを長波長側にシフトさせることは可能であるものの、書き込み時のグレーティングピッチを短波長側にシフト制御することはできないという決定的な不都合がある。

#### 【0008】

しかも、上記の波長特性を長波長側へシフトさせる方法においては、その波長シフトを維持するために例えば接着固定等の手段によりファイバグレーティング

を引っ張りひずみが残留したままの状態に固定する必要がある、上記の各種用途に適用する際の装置構成に制限が生じることになる。

【0009】

加えて、張力の印加を、光ファイバに対し損傷を与えない手段・方法により行う必要がある上に、試験設備としてではなくて大量生産を可能とする手段・方法により行う必要がある。

【0010】

また、紫外線照射によるグレーティングの書き込みはその紫外線照射により光ファイバのコアに光誘起屈折率変化を生じさせて屈折率変調縞を生成するものであるため、紫外線を照射する対象の光ファイバはそのコアにおける有効な光誘起屈折率変化を確保する観点から紫外線を照射する部位の被覆層を除去した状態にされるのが通常である。このため、被覆層無しのコア及びクラッドからなる光ファイバ素線に対しグレーティングを書き込み、その書き込み後に張力を印加するという従来の方法においては、その印加張力として上記光ファイバ素線に破断のおそれが生じない程度の印加張力値（引っ張り荷重値）を上限とする必要がある。ここで、上記光ファイバ素線の場合、その伸び量が概略1%を超えると通常は破断することになるため、伸び量が1%未満の低張力領域での張力印加に止まる。この結果、長波長側へのシフトもそれに対応して微小なものしか期待できなくなる。この点について、通常の光ファイバ素線の場合の伸び量1%に対応する引っ張り荷重値は略1kgであり、上記のグレーティング書き込み後の張力印加による方法が記載された文献によれば0.5kgに対し波長シフト量が5.4nmと極めて小さいものであることが報告されている。加えて、引っ張り荷重の値の増大に略比例して波長シフト量が増大する点も示されている。

【0011】

また、通常の光ファイバの製造においては、製造された光ファイバに対し機械的特性についてのスクリーニング試験が通常行われている。ところが、ファイバグレーティングにおいては、波長特性等の伝送性能についての検査方法はほぼ確立されているものの、強度等の機械的特性についての検査方法は未だ確立されていない現状がある。ここで、紫外線照射系等を備えたファイバグレーティング作



製装置を用いて作製されたファイバグレーティングに対し、上記の通常の光ファイバに対するスクリーニング試験装置を用いてスクリーニング試験を実施することとも考えられる。しかし、この場合にはファイバグレーティングの作製と、スクリーニング試験とが個別に行われることになり工程及び作業が煩雑になる。

## 【0012】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、張力印加方式を用いて波長特性の短波長側へのシフト制御が可能なファイバグレーティングの作製方法及び作製装置を提供することにある。加えて、高張力印加を可能として波長特性のシフト量の増大化、及び、波長特性の制御範囲の拡大化を図ること、ファイバグレーティングの作製後にそのスクリーニング試験による機械的特性の検査をも同じ作製装置により一連の工程により行い得るようにすること、上記波長特性のシフト（波長制御）を用いたファイバグレーティングの作製装置として大量生産に適したものを提供すること等をも併せて目的とする。

## 【0013】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、張力を印加して引っ張りひずみを生じさせた状態のままでグレーティングの書き込みを行った後に、上記の印加した張力を解放することにより上記引っ張りひずみを弾性復元させれば、コアに書き込まれたグレーティングのグレーティングピッチが上記弾性復元分だけ狭くなり、これにより、波長特性を短波長側にシフトすることができ、しかも、その短波長側にシフトした状態を安定的に維持し得る点に着目してなされたものである。

## 【0014】

## (第1の発明)

具体的には、ファイバグレーティング作製方法に係る第1の発明は、請求項1に記載の如く、ファイバグレーティング作製対象である光ファイバにおけるグレーティングの書き込み予定部位に対しファイバ軸方向への張力を予め印加することによりファイバ軸方向の引っ張りひずみを生じさせる張力印加工程と、この張力印加工程により張力が印加された状態の光ファイバに対し紫外線を照射するこ

とによりファイバ軸方向に所定のグレーティングピッチのグレーティングを上記光ファイバのコアに書き込む照射工程と、この照射工程の後に上記張力の印加を解放することにより上記コアに書き込まれたグレーティングのグレーティングピッチを短波長側にシフトする張力解放工程とを備えていることを特定事項とするものである。

## 【0015】

この第1の発明の場合、張力印加工程により、光ファイバのコアにはファイバ軸方向の引っ張りひずみ（伸びひずみ）が生じてそのコアがファイバ軸方向に伸びた状態にされる。次に、この状態で照射工程が行われ、上記の伸びた状態のコアに対し所定のグレーティングピッチのグレーティングが書き込まれることになる。そして、このグレーティングが書き込まれた光ファイバに対する張力が次の張力解放工程によって解放され、これにより、上記伸びひずみが弾性復元し、これに伴い上記の書き込まれたグレーティングのグレーティングピッチが狭くなる側に移行する。この結果、そのグレーティングにより反射される光の波長がグレーティングピッチが狭くなった分、短波長側に移行（シフト）することになる。従って、従来のグレーティング書き込み後に張力を印加した状態に保持する張力印加方法では実現し得なかった波長特性の短波長側へのシフト制御が本方法では可能になる。また、この場合、上記従来の張力印加方法と異なり、予め張力印加状態にしてグレーティングの書き込みを行い、その後に上記張力を解放するものであるため、上記の短波長側にシフトされたグレーティングが無負荷状態の光ファイバのコアに対し安定した状態で形成されていることになり、上記短波長側にシフトされたファイバグレーティングの波長特性が安定的に得られることになる。その上に、上記の従来の張力印加方法と比べ、グレーティング書き込み後の光ファイバを個別に張力印加状態に保持する必要がなく、取扱に優れる上に張力印加により波長制御されるファイバグレーティングを大量生産することが容易に実現することになる。

## 【0016】

ここで、上記第1の発明において、ファイバグレーティングの作製に用いる光ファイバとしては、コア及びクラッドからなる光ファイバ素線、すなわち、被覆

層を除去した状態のものを用いても良いが、これに限らず、上記光ファイバ素線に対し被覆層が形成された光ファイバ心線を用いるようにしてもよい。この場合には照射紫外線を透過させて紫外線照射によるコアにおける光誘起屈折率変化を有効に生じさせるために上記被覆層を紫外線透過型樹脂により形成するのが好ましい。このような被覆層の上から紫外線の照射を行う場合には、張力印加工程において印加し得る張力を高い値に設定することが可能になり、印加張力の値を高くするほど、コアに発生する引っ張りひずみ量を大きくして張力解放工程による弾性復元量、すなわち、グレーティングピッチの収縮量を大きくし得ることになる。その結果、波長特性の短波長側へのシフト量も大きくなり、波長制御を行い得る範囲を拡大させることが可能になる。例えば、光ファイバ素線の場合であると一般に伸び量が1%に対応する張力の印加により破断のおそれがあるためにそれ以下の低張力領域で張力印加工程を行うことになるものの、光ファイバ心線の場合であると破断のおそれが生じる伸び量が一般に6%であるため、光ファイバ心線を対象として張力印加工程を行う場合には少なくとも4%以上の伸び量に対応する高張力を印加することが可能になる。

## 【0017】

また、上記の波長制御のための張力印加及びその解放を行った後に、作製されたファイバグレーティングに対し所定の設定張力を印加することによりグレーティング書き込み部位についてのスクリーニング試験を行うというスクリーニング工程を続いて行うようにしてもよい。これにより、上記波長制御されたグレーティング書き込み部位についての機械的特性、すなわち、強度や表面傷の有無等についての検査をもファイバグレーティングの作製と併せて行うことが可能になり、ファイバグレーティングの大量生産システムとして好適なものとなる。

## 【0018】

なお、上記のスクリーニング工程は、上記の張力印加工程及び張力解放工程の両者を行わずに照射工程のみを行うことによりグレーティングを書き込むという通常のファイバグレーティング作製方法に引き続いて実施するようにしてもよい。これにより、ファイバグレーティングの作製において、グレーティングの書き込みと、そのグレーティングが書き込まれたファイバグレーティングについての

スクリーニング試験とが一連の工程により行われることになり、この場合においてもファイバグレーティングの大量生産システムとして好適なものとなる。

## 【0019】

## (第2の発明)

上記の如き第1の発明に係るファイバグレーティング作製方法を実施するためのファイバグレーティング作製装置に係る第2の発明は、請求項5に記載の如く、ファイバグレーティング作製対象である光ファイバに対し、ファイバ軸方向に所定のグレーティングピッチのグレーティングが上記光ファイバのコアに書き込まれるように紫外線を照射する紫外線照射系と、この紫外線照射系により紫外線が照射される部位の光ファイバに対しファイバ軸方向の引っ張りひずみが生じるよう張力を一時的に印加する張力印加機構とを備えていることを特定事項とするものである。ここで、上記の「紫外線照射系」としては、紫外線、好ましくは紫外レーザ光を上記光ファイバに対しグレーティングを書き込む軸方向範囲にわたり照射することによりグレーティングを書き込むための全ての器機及び機構を含み、例えばレーザ源、位相マスク、レーザ光の照射位置変更機構等を含むものである。また、上記の「張力印加機構」としては、上記紫外線照射部位を挟んだ軸方向両側位置の光ファイバを把持、接着、摩擦等の手段により位置固定し、その位置固定した部位の一方もしくは双方を軸方向に移動させることにより、上記紫外線照射部位に対し張力を付与した状態にするように構成すればよい。

## 【0020】

上記の第2の発明の場合、上記張力印加機構により紫外線照射部位に対しファイバ軸方向の張力を印加させてそれを維持させることにより上記の張力印加工程が行われ、その張力を印加させた状態で紫外線照射系からの紫外線を照射することにより照射工程が行われ、これにより、上記紫外線照射によるグレーティングの書き込みが上記張力印加によりファイバ軸方向への引っ張りひずみが生じた状態のコアに対し行われることになる。そして、グレーティングの書き込み後に上記張力印加機構による張力印加を解放させることにより張力解放工程が行われる。これにより、上記コアはファイバ軸方向に収縮して復元し、そのコアの収縮に伴い上記の書き込まれたグレーティングもファイバ軸方向に収縮する結果、グレ

ーティングピッチも当初書き込まれたものよりも狭いものとなる。この結果、そのグレーティングにより反射される光の波長を張力印加状態で書き込まれたグレーティングよりも短波長側にシフトさせることが可能になる。

## 【0021】

ここで、上記の「張力印加機構」として、具体的には、紫外線照射系により紫外線が照射される部位を挟んでファイバ軸方向に互いに離れた両側位置の光ファイバをそれぞれ固定する一对の固定手段と、この一对の固定手段の内、少なくとも一方を他方に対しファイバ軸方向に強制的に進退移動させる移動手段とを備えたものにより構成すればよい。さらに具体的な構成を示すと、例えば、上記各「固定手段」として、光ファイバをファイバ軸方向に直交する軸の回りに巻き付けることによりその光ファイバとの間の摩擦抵抗に基づいて上記光ファイバを固定する巻胴が挙げられる。つまり、巻胴の外周面に対し光ファイバを巻き付けることによりその光ファイバと巻胴の外周面との間に発生する摩擦抵抗によって光ファイバがその軸方向に相対移動しないように固定するものである。この場合、上記移動手段により移動される側の巻胴をファイバ軸方向の同一位置において上記直交する軸の回りに回転可能に支持されたものとし、その移動される側の巻胴を上記光ファイバが巻き付けられた状態で設定回転量だけ強制回転させるモータにより上記の「移動手段」を構成すればよい。上記のように摩擦抵抗により光ファイバの位置固定が行われるため、その光ファイバ自体に傷が付くおそれを確実に回避した状態で光ファイバの固定が可能になる上に、巻胴をその中心軸回りに上記モータにより強制回転させれば、上記光ファイバに対し張力を付与することが容易かつ確実に達成される。なお、上記の「巻胴」としては円筒形もしくは円柱形のものが採用され、上記「モータ」としては張力印加制御の容易性から入力パルスの数に比例して回転量が定まるパルスモータ等を採用するのが好ましい。

## 【0022】

また、上記のファイバグレーティング作製装置を用いれば、上記の照射工程とスクリーニング工程とのみを行う場合においても、グレーティングの書き込みと、そのグレーティングが書き込まれたファイバグレーティングのスクリーニング試験との双方が同じ作製装置を用いて行うことが可能になる。すなわち、グレー

ティングの書き込みを紫外線照射系からの紫外線照射により無負荷状態の光ファイバに対し行った後、張力印加機構によりスクリーニング試験用の所定の伸びひずみがファイバ軸方向に生じるように張力を印加するようにすればよい。

## 【0023】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

## 【0024】

図1は、本発明の実施形態に係るファイバグレーティング作製方法を用いて作製されたファイバグレーティングを示し、1はファイバグレーティングの作製対象対象の光ファイバとしての所定長さの光ファイバ心線、2はグレーティング21が書き込まれたコア、3は上記光ファイバ心線1のクラッド、4はこのクラッド3の外表面に被覆された被覆層、5は上記グレーティング21を書き込むための位相マスクである。上記光ファイバ心線1は、図2にも示すように光ファイバ母材から線引きにより製造されたコア2及びクラッド3からなる光ファイバ素線1'に対し被覆層4がコーティングされたものである。そして、その被覆層4の外側から紫外線としての紫外レーザー光が位相マスク5を介して照射されることにより、光ファイバ心線1のコア2に対しファイバ軸方向に周期的な屈折率変調縞（グレーティング）が書き込まれてファイバグレーティングが作製されるようになっている。この多数の屈折率変調縞の間隔がグレーティングピッチである。このように被覆層4の外側から紫外レーザー光を照射することによりグレーティングの書き込みを有効に行うために、以下に説明するようにコア2及び被覆層4として特別な構成を採用するのが好ましい。

## 【0025】

上記コア2としては、通常仕様の光ファイバと同等濃度のGeに加えSn、或いは、Sn及びAl、もしくは、Sn、Al及びBのドーパントを添加したものをを用いるのが光誘起屈折率変化を定常的に高める上で好ましい。ここで、通常仕様の光ファイバとは上記光ファイバ心線1に対し接続される接続対象の光ファイバ心線のことであり、このような光ファイバ心線はそのコアに対し比屈折率差が0.9%となる程度の量のGeがドーパされて製造されたものである。そして、

上記光ファイバ心線 1 のコア 2 には、上記の通常仕様の光ファイバのコアと同量（比屈折率差が 0.9% となる程度の量）の Ge に加え、濃度 10000 ppm 以上、好ましくは濃度 10000~15000 ppm の Sn、或いは、このような濃度の Sn 及び濃度 1000 ppm 以下の Al 等を共ドープすればよい。上記のドープは種々の公知の方法により行えばよく、例えば液浸により行う場合には、上記 Ge や Sn の化合物（Sn の場合、例えば  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）をメチルアルコールと混合し、その溶液の中に浸漬すればよい。

#### 【0026】

上記被覆層 4 は上記光ファイバ素線 1' の線引き工程に引き続いてシングルコートにより少なくとも  $30\mu\text{m}$  程度の膜厚になるように形成されたものである。この被覆層 4 の形成素材は紫外線を透過する特性を有する紫外線透過型の樹脂が用いられる。この紫外線透過型の樹脂としては、グレーティング 21 の書き込みのために照射される紫外線の特定波長帯（例えば  $240\text{nm} \sim 270\text{nm}$  の波長帯）を少なくとも透過させるものであればよく、特に好ましくは上記特定波長帯の紫外線を殆ど吸収せずに透過させる一方、上記特定波長帯よりも短い波長または長い波長の紫外線を吸収して硬化反応を生じさせるものを用いればよい。つまり、同じ樹脂ではあるが波長によって紫外線吸収特性が異なり、上記特定波長帯では紫外線透過型である一方、上記特定波長帯よりも短い波長域または長い波長域では紫外線硬化型であるような樹脂により上記被覆層 4 を形成するのが最も好ましい。このような樹脂としては、ウレタン系アクリレートもしくはエポキシ系アクリレートに対し例えば  $240\text{nm}$  よりも短い波長域または  $270\text{nm}$  よりも長い波長域の紫外線を受けて硬化反応を開始・促進させるような光開始剤（フォトリニシエータ）を配合したものを用いればよい。

#### 【0027】

また、このような被覆層 4 により被覆された光ファイバ心線 1 に対し紫外線照射前に特にコア 2 に対し水素充填を行うのが光誘起屈折率変化を高める上で好ましい。水素充填を行う場合には上記光ファイバ心線 1 を水素が充填された密閉容器内に入れ、室温状態でほぼ  $20\text{MPa}$  の圧力下で約 2 週間放置すればよい。

## 【0028】

次に、上記の光ファイバ心線 1 を用いて波長特性のシフト制御を行うことによりファイバグレーティングを作製するためのファイバグレーティング作製装置について図 3 に基づいて説明する。なお、紫外線照射によるグレーティング 21 の書き込み自体は周知の種々の方法を採用して行えばよく、上記の図 3 は例えば位相マスク法により行う場合を例にとり示したものである。

## 【0029】

すなわち、上記ファイバグレーティング作製装置は、上記光ファイバ心線 1 の側方直前に格子状の位相マスク 5 を配設し、この位相マスク 5 に対し Nd-YAG レーザ源 6 から例えばその 4 倍波長 ( $4\omega$ ) である 266 nm のコヒーレント紫外レーザ光をシリンドリカルレンズ系 7 により集光した状態で照射するようになっている。これにより、上記紫外レーザ光が位相マスク 5 及び被覆層 4 を透過し、上記コア 2 に対し上記位相マスク 5 の格子ピッチに対応したグレーティングピッチの部分の屈折率が増大されてグレーティング 21 が書き込まれることになる。なお、図 3 中 8 は紫外レーザ光を拡大して平行ビーム化するビームエキスパンダー、9 は上記の平行ビーム化された紫外レーザ光のパワーが均一の部分を切り出す微小幅のスリット、10 は上記光ファイバ心線 1 のファイバ軸方向（一点鎖線の矢印参照）に移動可能とされた可動式反射ミラーである。以上の位相マスク 5、Nd-YAG レーザ源 6、シリンドリカルレンズ系 7、ビームエキスパンダー 8、スリット 9、及び、可動式反射ミラー 10 によって紫外線照射系が構成されている。また、11 は光スペクトラムアナライザ、12 は光アイソレータ、13 は光カプラであり、作製されたファイバグレーティングの波長特性を検査するための装置部分である。

## 【0030】

以上の装置構成を前提として本実施形態では上記光ファイバ心線 1 に対しファイバ軸方向の張力を印加する張力印加機構 30 が付加されている。この張力印加機構 30 は、その詳細を図 4 に示すように、光ファイバ心線 1 の紫外線照射部位を囲むようにして配設されたフレーム 31 と、このフレーム 31 から上記光ファイバ心線 1 のファイバ軸方向両側にそれぞれ突出された一対のアーム部材 32、



33と、各アーム部材32、33の先端に支持された一对の固定手段としての巻胴34、35と、ファイバ軸方向一侧（図4の右側）の巻胴35を回転駆動するモータ36（図5参照）とを備えたものである。

#### 【0031】

上記フレーム31は、少なくとも光ファイバ心線1の側方部分（図4の上方部分）に紫外レーザ光が通過し得る開口部311を有し、上記一对のアーム部材32、33を保持し得るものであればその形状等についての制約はない。上記各アーム部材32、33は、L字状に形成され、一端が上記フレーム31に固定される一方、他端に上記巻胴34、35が連結されている。上記各巻胴34、35は巻胴本体を構成するマンドレル341、351と、それぞれの両側に配設された一对の鍔部342、352とから構成されている。ファイバ軸方向一侧（図4の右側）の巻胴34がアーム部材33に対しファイバ軸方向に直交する方向に配置された軸Yの回りに回転可能に連結される一方、ファイバ軸方向他側（図4の左側）の巻胴34がアーム部材32に対し相対回転しないように固定されている。また、上記モータ36はパルスモータにより構成され、その出力軸が上記マンドレル351に対し直結もしくは連結部材を介して接続されている。上記モータ36は図示省略のコントローラからの制御信号を受けて設定回転量だけ上記マンドレル351を強制回転させるようになっている。

#### 【0032】

次に、上記ファイバグレーティング作製装置を用いてファイバグレーティングを作製する方法について説明する。

#### 【0033】

ファイバグレーティングを作製するには、張力印加工程と、照射工程と、張力解放工程と、スクリーニング工程とを順に行う。すなわち、張力印加工程として、まず、グレーティング21の書き込み予定部位を挟んだ両側位置の光ファイバ心線1を巻胴34、35のマンドレル341、351の外周面に対し互いに重ならないように二重もしくは三重（図5参照）に巻き付けて光ファイバ心線1を一直線状に延ばした状態にセットする。これにより、上記各巻胴34、35のマンドレル341、351の外周面と光ファイバ心線1の外表面との間の摩擦抵抗に

よって光ファイバ心線1が上記各マンドレル341, 351の外周面に対しファイバ軸方向に相対移動しないように固定する。次に、モータ36を作動せてマンドレル351を設定回転量だけ強制回転させ、この状態を保持させる。これにより、一対のマンドレル341, 351の間の光ファイバ心線1は上記マンドレル351の強制回転量に対応する周長だけファイバ軸方向に強制的に延ばされて、つまり、張力が印加されてコア2に引っ張り側の弾性ひずみ（伸びひずみ）が生じた状態となり、この状態で次の照射工程が行われる。

## 【0034】

上記照射工程として、まず、上記位相マスク5が上記光ファイバ心線1のグレーティング21の書き込み予定部位に対しセットされ、この位相マスク5のファイバ軸方向の一端側から他端側までの範囲にわたり紫外線照射系からの紫外レーザー光が上記位相マスク5を介して光ファイバ心線1に対し照射される。上記のファイバ軸方向範囲における紫外レーザー光の照射位置の変更は反射ミラー10のファイバ軸方向に対する移動により行われる。そして、この紫外レーザー光の照射により上記の伸びひずみが生じた状態のコア2に対し上記位相格子5の格子ピッチに対応したグレーティングピッチのグレーティング21が書き込まれることになる。

## 【0035】

この照射工程によりグレーティング21の書き込みが行われた後、張力解放工程が行われ、この張力解放工程において、上記モータ36が上記の設定回転量だけ逆回転作動されて光ファイバ心線1が張力印加前の元の状態に復元されて無負荷状態になる。これにより、上記のコア2に生じていた伸びひずみが元の状態に復元、つまり収縮され、この収縮に伴い上記の書き込まれたグレーティング21のグレーティングピッチが狭められることになる。このため、グレーティング21の波長特性が上記のグレーティングピッチの狭くなった分だけ短波長側にシフトされる。

## 【0036】

以上でファイバグレーティングの作製自体は終了するが、本実施形態では、引き続きスクリーニング工程が行われる。すなわち、このスクリーニング工程に

においては、張力印加機構 30 のモータ 36 を作動させることによりファイバグレーティングに対しファイバ軸方向に一定の伸びひずみを所定時間与え、機械強度特性についてのスクリーニング試験を実施する。そして、欠陥のあるファイバグレーティングを製品から排除し、欠陥のないファイバグレーティングを製品とするようにする。これにより、ファイバグレーティングの作製において、波長特性をシフト制御したグレーティング 21 の形成と、このようなグレーティング 21 が形成されたファイバグレーティングのスクリーニングとの双方が、同じ作製装置において一連の工程により行うことができる。従って、本ファイバグレーティング作製装置及び作製方法によりファイバグレーティングの大量生産に好適なものが提供されることになる。

## 【0037】

上記の張力印加工程、照射工程及び張力解放工程による波長特性の短波長側へのシフト制御においては、グレーティング 21 を書き込む対象として被覆層 4 が形成された光ファイバ心線 1 を用いているため、張力印加工程で印加する張力として被覆層 4 の除去された光ファイバ素線 1' を対象とする場合と比べて大幅に高い値にすることができる。このため、上記照射工程を高張力が印加された状態、すなわち、コア 2 に大きな伸びひずみが生じた状態で行うことができ、その分、張力解放工程によるコア 2 の収縮量、つまりグレーティングピッチを狭くし得る度合いを大きくすることができる。従って、張力解放工程後のファイバグレーティングの波長特性の短波長側へのシフト量を極めて大きなものにすることができ、短波長側へのシフト制御を極めて広い波長範囲にわたり行うことができるようになる。

## 【0038】

なお、実際の波長特性のシフト制御（波長制御）においては、印加張力と短波長側への波長特性のシフト量との関係を予め試験により求めておき、この関係に基づいてシフト制御する波長のシフト量に対応した印加張力を設定し、この印加張力が光ファイバ心線 1 に発生するようにモータ 36 の設定回転数を定めればよい。

## 【0039】

また、以上のファイバグレーティング作製方法において、被覆層4の上からの紫外レーザ光の照射によるグレーティング21の書き込みをより確実なものとするために、紫外レーザ光の照射を以下のようにしてもよい。

## 【0040】

すなわち、上記紫外レーザ光の照射を、その照射エネルギー密度が $1.5 \text{ kJ/cm}^2$ 程度になるように行う。これにより、被覆層4の外側から紫外レーザ光の照射を行う場合に、その被覆層4がほぼ $30 \mu\text{m}$ 以上というかなり厚肉の膜厚を有していても、その被覆層4を透過してコア2に対し高屈折率変調を生じさせて高反射率のブラッググレーティング21を書き込みし得るようになる。

## 【0041】

加えて、図6に示すように書き込み対象の光ファイバ心線1をシリンдриカルレンズ系7により集光される紫外レーザ光のビームパターンBPに対し特定の位置に位置付け、この状態で紫外レーザ光の照射を行うようにする。上記ビームパターンBPはシリンдриカルレンズ系7に入射した平行ビームが焦点Fに向かうように集光されたものであり、このビームパターンBPに対し上記光ファイバ心線1の全体が上記ビームパターンBPの内部に位置し、かつ、その光ファイバ心線1の被覆層4の外周面が上記ビームパターンBPの外縁に内接するように上記光ファイバ心線1を位置付ける。なお、このような位置関係を満足すれば、上記光ファイバ心線1の配設位置は図6に実線で示すように焦点Fの前側であると、同図に一点鎖線で示すように焦点Fの後側であるとを問わない。一例を示すと、焦点距離 $L_1$ が $100 \text{ mm}$ の場合に、外径 $200 \mu\text{m}$ の光ファイバ心線1を焦点Fからほぼ $2 \text{ mm}$ の距離 $L_2$ だけ離れた光軸上に配設すればよい。光ファイバ心線1の全体を上記ビームパターンBPの内部に位置付けることにより、上記の被覆層4の全体に対し均一な照射エネルギー密度で紫外レーザ光を照射することができるようになる。その上に、上記光ファイバ心線1を焦点F側に対しより近づけた位置に配設した場合に生じ易い被覆層4の局部的なダメージ（強度劣化）発生等を防止し、かつ、このような強度劣化の発生を防止し得る範囲で最も照射エネルギー密度が高くなる位置において上記光ファイバ心線1に対する照射を行う

ことができ、グレーティングの書き込みに要する時間の短縮化を図ることができる。

【0042】

＜他の実施形態＞

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の実施形態を包含するものである。すなわち、上記実施形態では、張力印加機構における張力の印加を一方の巻胴35をアーム部材33に対し回転可能に支持し、その巻胴35をモータ36により強制回転させることにより行っているが、これに限らず、両巻胴34、35をアーム部材32、33に対し共に回転しないように固定し、一方のアーム部材33の一端部331を図4に一点鎖線により示すようにフレーム31に対しファイバ軸方向に移動可能に案内・支持させ、このアーム部材33を例えばラック及びピニオン等の伝達機構とモータの組み合わせ、又は、流体圧シリンダ等のアクチュエータによって図4の右側に強制移動させるように装置を構成することにより光ファイバ心線1に対し張力を印加させるようにしてもよい。

【0043】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1～請求項3のいずれかに記載の第1の発明におけるファイバグレーティング作製方法によれば、従来のグレーティング書き込み後に張力を印加した状態に保持する張力印加方法では実現し得なかった波長特性の短波長側へのシフト制御が可能になる。また、上記短波長側にシフトされたファイバグレーティングの波長特性が安定的に得られることになる。その上に、上記の従来の張力印加方法と比べ、グレーティング書き込み後の光ファイバを個別に張力印加状態に保持する必要がなく、取扱に優れる上に張力印加により波長制御されるファイバグレーティングを容易に大量生産することができるようになる。

【0044】

また、ファイバグレーティングの作製に用いる光ファイバとして、被覆層が形成された光ファイバ心線を用いることにより、印加し得る張力を被覆層なしの光

ファイバ素線を用いる場合に比べ大幅に高くすることができ、これにより、波長特性の短波長側へのシフト量も大きくすることができ、波長制御を行い得る範囲を大幅に拡大させることができるようになる。

【0045】

る。

【0046】

さらに、作製されたファイバグレーティングに対し所定の設定張力を印加することによりグレーティング書き込み部位についてのスクリーニング試験を行うというスクリーニング工程を続いて行うようにすることにより、上記波長制御されたグレーティング書き込み部位についての機械的特性、すなわち、強度や表面傷の有無等についての検査をもファイバグレーティングの作製と併せて行うことができるようになり、波長制御を伴うファイバグレーティングの大量生産システムとして好適なものとすることができる。

【0047】

請求項4に記載のファイバグレーティング作製方法によれば、ファイバグレーティングの作製において、紫外線照射によるグレーティングの書き込みと、そのグレーティングが書き込まれたファイバグレーティングのスクリーニング試験とが一連の連続した工程により終了するため、ファイバグレーティングの大量生産システムとして好適なものとすることができる。

【0048】

請求項5～請求項7のいずれかに記載のファイバグレーティング作製装置に係る第2の発明によれば、第1の発明における張力印加工程、照射工程及び張力解放工程による波長特性を短波長側にシフト制御したファイバグレーティングの作製方法を容易かつ確実に実施することができ、上記の如き波長制御を伴うファイバグレーティングを容易かつ確実に作製することができる。

【0049】

しかも、そのシフト制御されたファイバグレーティングのスクリーニング工程をも同一の作製装置により容易かつ確実に実施することができる。

【0050】

また、本発明のファイバグレーティング作製装置を用いれば、照射工程とスクリーニング工程とのみを行う場合においても、グレーティングの書き込みと、そのグレーティングが書き込まれたファイバグレーティングのスクリーニング試験との双方が同じ作製装置を用いて行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の作製対象の光ファイバ心線とグレーティングとを示す説明図である。

【図2】

図1の光ファイバ心線の横断面図である。

【図3】

実施形態に係るファイバグレーティング作製装置を示す模式図である。

【図4】

図3の張力印加機構の拡大説明図である。

【図5】

図4のA-A線における拡大断面図である。

【図6】

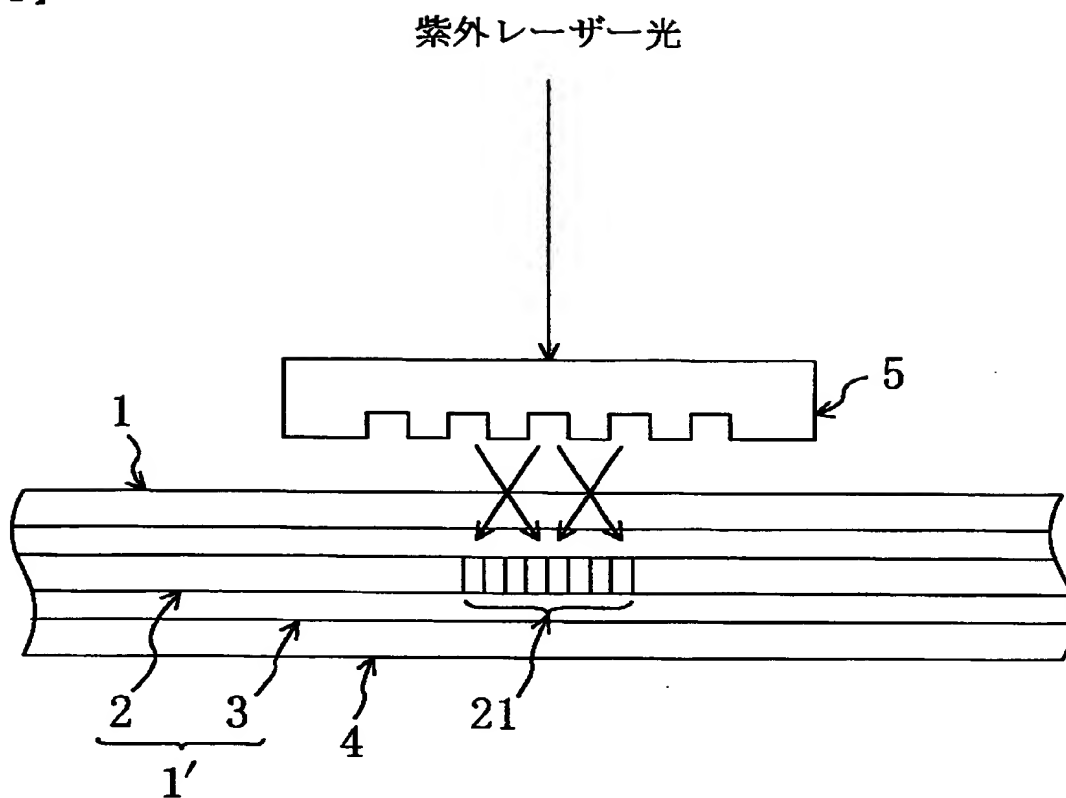
光ファイバ心線とシリンドリカルレンズ系との位置関係を示す図である。

【符号の説明】

- |    |                    |
|----|--------------------|
| 1  | 光ファイバ心線（光ファイバ）     |
| 2  | コア                 |
| 3  | クラッド               |
| 4  | 被覆層                |
| 21 | グレーティング            |
| 30 | 張力印加機構             |
| 34 | 巻胴（固定手段）           |
| 35 | 巻胴（移動される側の巻胴；固定手段） |
| 36 | モータ（移動手段）          |
| Y  | 軸（ファイバ軸方向に直交する軸）   |

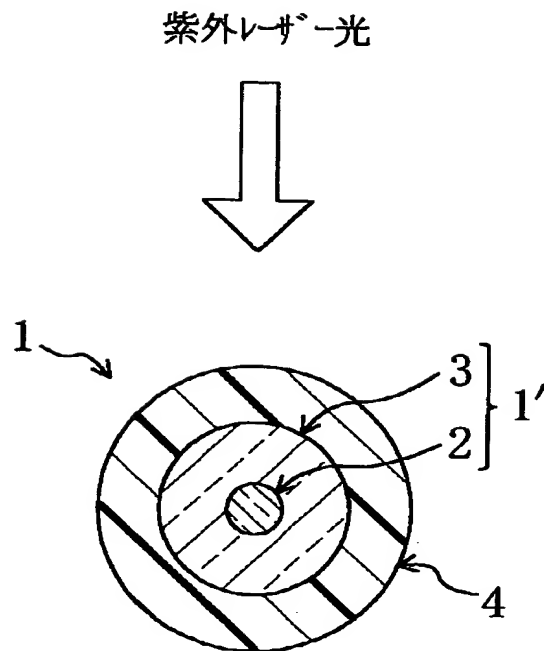
【書類名】 図面

【図 1】

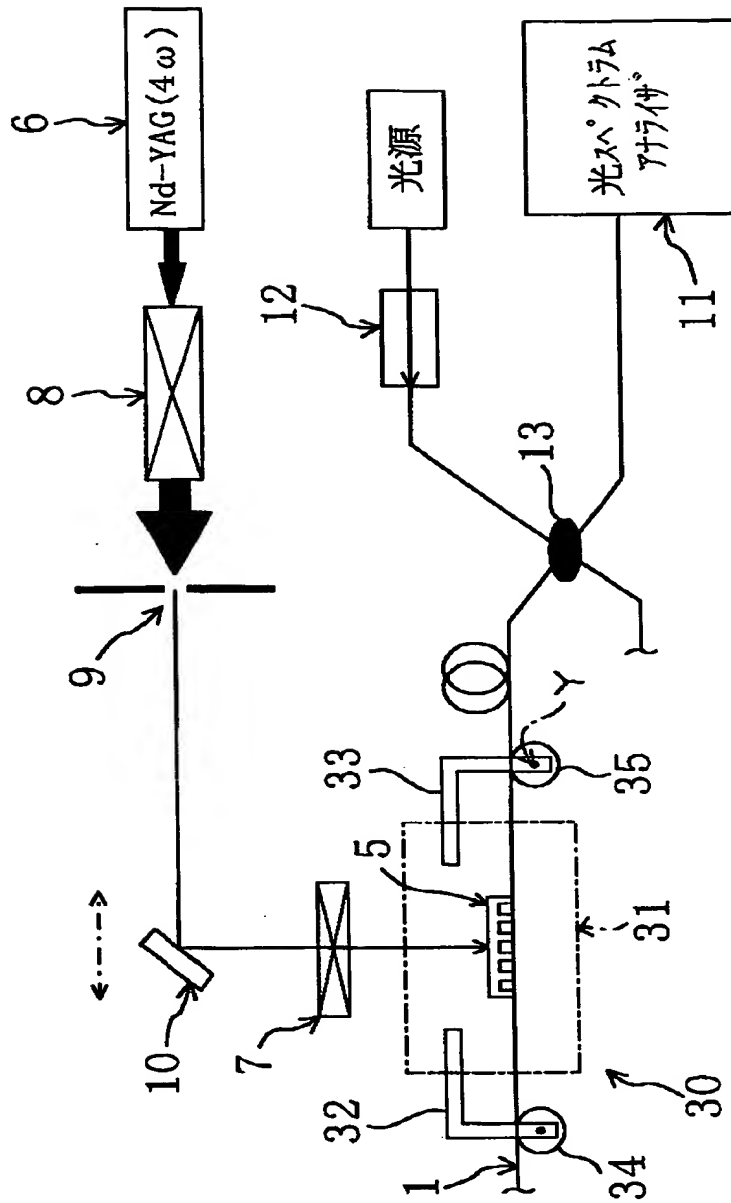




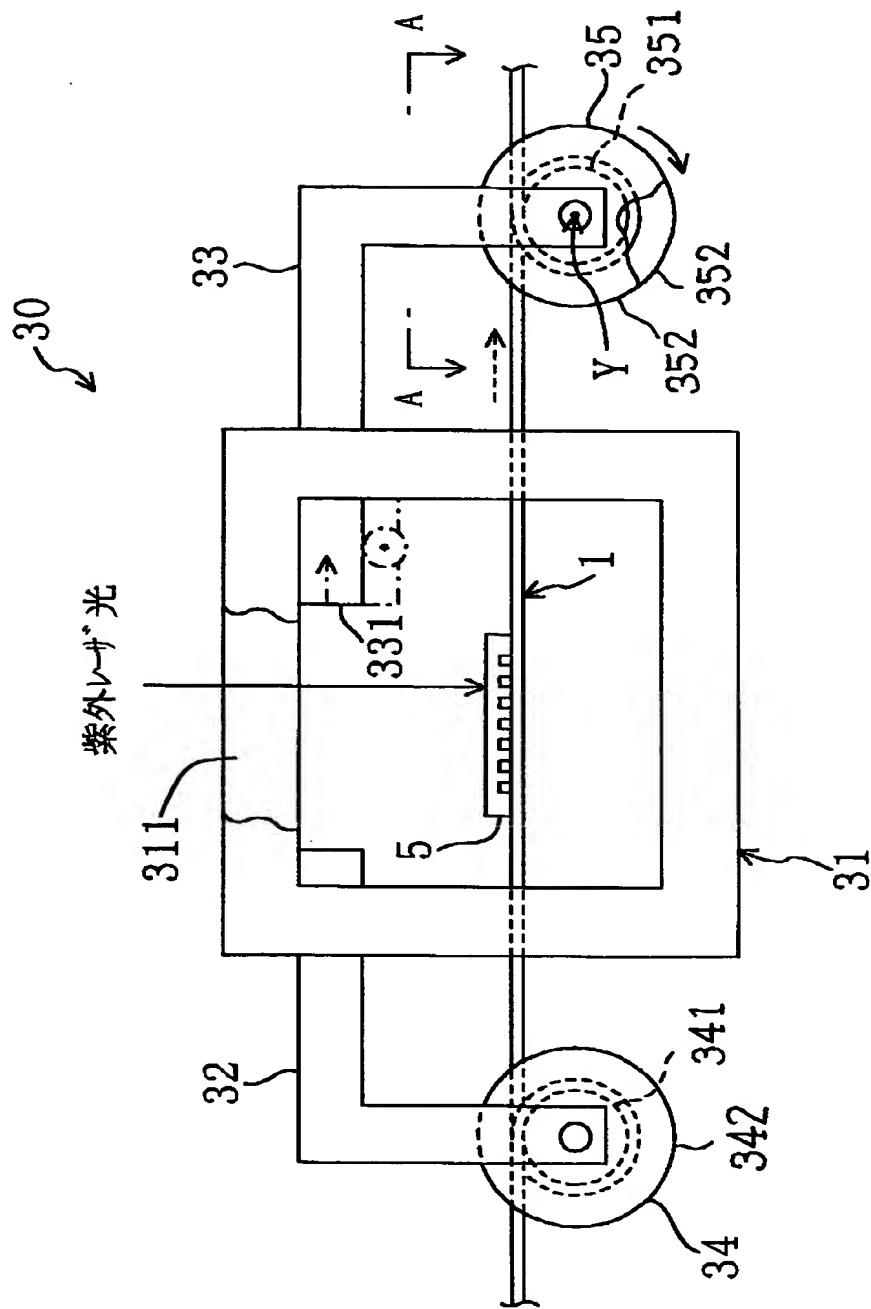
【図2】



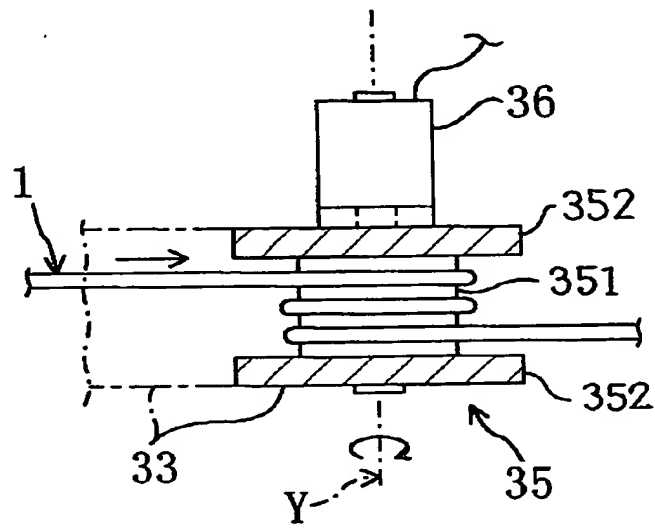
【図3】



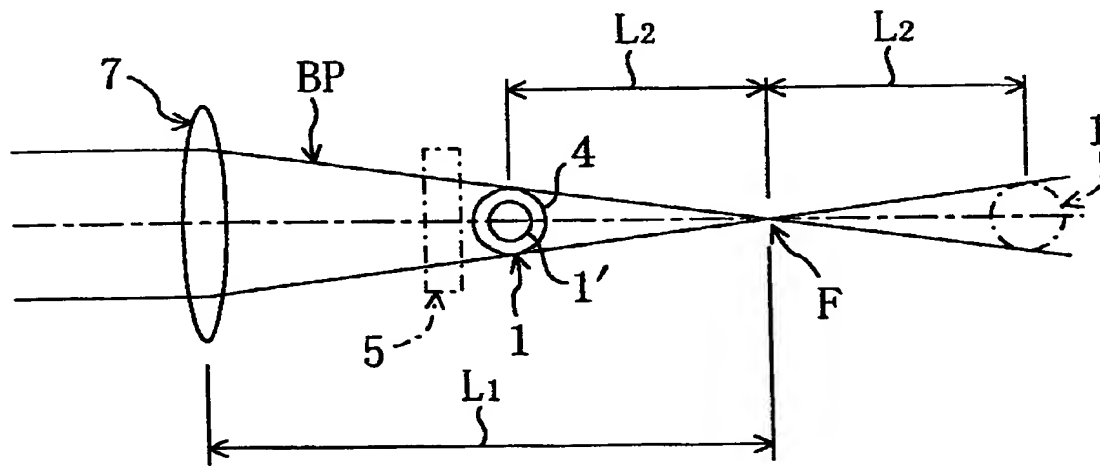
【図4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 張力印加方式を用いて波長特性の短波長側へのシフト制御を可能とする。加えて、高張力印加を可能として波長特性の制御範囲の拡大化を図り、グレーティング書き込み後のスクリーニング試験をも同じ作製装置で一連の工程により行い得るようにして、波長制御されたファイバグレーティングの作製装置として大量生産に適したものとする。

【解決手段】 紫外線透過型樹脂により被覆層が形成された光ファイバ心線1の紫外レーザ光照射部位を挟んでファイバ軸方向両側部分を一对の巻胴34, 35に互いに重ならないように三重巻程度巻き付け、相対移動しないように固定する。一方の巻胴35をパルスモータにより軸Yの回りに設定回転量だけ強制回転させて張力を印加し、コアに所定の伸びひずみが生じた状態にする（張力印加工程）。この状態で位相マスクを介して紫外レーザ光を被覆層の上から照射してコアにグレーティングを書き込む（照射工程）。この後、モータを逆回転させて伸びひずみを解放させることにより光ファイバ心線を元の状態まで収縮させてグレーティングピッチを狭くさせる（張力解放工程）。続いて、再度、試験用張力を印加してスクリーニング工程を行う。

【選択図】 図4

【書類名】  
【訂正書類】

職権訂正データ  
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000003263

【住所又は居所】

兵庫県尼崎市東向島西之町 8 番地

【氏名又は名称】

三菱電線工業株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100077931

【住所又は居所】

大阪府大阪市西区靱本町 1 丁目 4 番 8 号 太平ビル  
前田特許事務所

【氏名又は名称】

前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】

100094134

【住所又は居所】

大阪府大阪市西区靱本町 1 丁目 4 番 8 号 太平ビル  
前田特許事務所

【氏名又は名称】

小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】

100107445

【住所又は居所】

大阪府大阪市西区靱本町 1 丁目 4 番 8 号 太平ビル  
前田特許事務所

【氏名又は名称】

小根田 一郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003263]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

氏 名 三菱電線工業株式会社

